

Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Mengandung Minyak Pelumas pada *Oil Separator* dengan Menggunakan *Plate Settler*

Kasih Ditaningtyas Sari Pratiwi, Joni Hermana

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: hermana@its.ac.id

Abstrak—Kegiatan pencucian kendaraan bermotor menghasilkan limbah cair mengandung minyak pelumas yang dapat menimbulkan permasalahan lingkungan, terutama menghambat suplai oksigen ke dalam tanah, meracuni mikroorganisme tanah, serta dapat mencemari perairan sampai ke lapisan *aquifer* air tanah. Salah satu cara mengolah limbah yang mengandung minyak pelumas adalah dengan pemisahan menggunakan *gravity separator* yang memanfaatkan *plate settler*. Penelitian ini lalu dilaksanakan untuk menentukan efisiensi pemisahan minyak pelumas pada *oil separator* dengan *plate settler*. Variabel yang digunakan dalam penelitian yakni konsentrasi campuran minyak pelumas sebesar 90 mg/L, 120 mg/L, dan 150 mg/L serta sudut kemiringan *plate settler* sebesar 30°, 45°, dan 60°. Pengujian konsentrasi minyak pelumas dalam air sampel menggunakan metode ekstraksi soxhlet. Berdasarkan hasil penelitian, sudut kemiringan 60° dan konsentrasi minyak pelumas dalam influent 150 mg/L memberikan efisiensi tertinggi, yakni 84,93%. Sudut 60° berdasarkan hasil penelitian diketahui pula merupakan sudut yang paling optimum untuk proses pemisahan minyak pelumas dengan air.

Kata Kunci—Konsentrasi Minyak Pelumas, *Plate Settler*, *Separator*, dan Sudut Kemiringan.

I. PENDAHULUAN

KEGIATAN pencucian kendaraan bermotor saat ini kian meningkat dengan semakin banyaknya penggunaan kendaraan bermotor, terutama di kota-kota besar. Kedinamisan aktivitas warga kota menambah pula manfaat pencucian kendaraan bermotor dari sisi kepraktisannya. Selain memberi manfaat, keberadaan kegiatan pencucian kendaraan bermotor juga menghasilkan limbah cair dari hasil pencucian. Limbah tersebut kerap mengandung minyak pelumas yang menempel pada mesin-mesin kendaraan bermotor lalu dibawa dengan air pada saat pencucian.

Air limbah pencucian kendaraan bermotor memiliki konsentrasi minyak pelumas dengan kisaran antara 86 - 159 mg/L menurut beberapa hasil pengukuran karakteristik air limbah dari pencucian kendaraan bermotor [1]. Keberadaan limbah yang mengandung minyak pelumas tersebut, apabila tidak disertai dengan pengelolaan yang tepat, dapat menimbulkan permasalahan apabila terpapar ke lingkungan. Minyak yang meresap ke dalam tanah dapat menyebabkan tertutupnya suplai oksigen dan meracuni mikroorganisme tanah sehingga mengakibatkan kematian mikroorganisme tersebut. Tumpahan minyak di lingkungan juga dapat

mencemari tanah dan perairan hingga ke daerah *sub-surface* dan lapisan *aquifer* air tanah [2].

Salah satu cara untuk mengolah limbah yang mengandung minyak pelumas yakni dengan cara pemisahan menggunakan *gravity separator*. Metode pemisahan dengan gravitasi umumnya dijumpai pada prinsip pengendapan dengan bak sedimentasi. Susunan keping sejajar yang disebut *plate settler* umumnya digunakan tanpa membutuhkan lahan yang terlalu luas karena dapat menghasilkan luas area pengendapan $\frac{1}{4}$ sampai $\frac{1}{6}$ dari yang dihasilkan bak sedimentasi konvensional [3]. *Plate settler* memiliki fungsi untuk meningkatkan penghilangan padatan sehingga jarak pengendapan ke dasar bak menjadi berkurang. Sebagai akibatnya, *surface loading rate* menjadi berkurang [4]. *Surface loading rate* yang bernilai kecil mengindikasikan bahwa partikel dengan ukuran yang kecil dapat terendapkan, artinya partikel yang berukuran besar pasti juga dapat terendapkan. Prinsip gravitasi ini juga digunakan pada prinsip flotasi untuk mengolah air limbah yang mengandung minyak. Pada bak *separator* dengan *plate settler*, diharapkan kecepatan pemisahan partikel minyak menuju *plate settler* menjadi kecil sehingga partikel minyak berukuran kecil dalam air dapat terpisahkan. Ketika melewati *plate settler* sebagai penghalang, partikel minyak juga akan menempuh jarak yang lebih lama daripada ketika pada bak *separator* konvensional serta kehilangan energi gerakannya ditambah adanya perbedaan berat jenis minyak dan air sehingga partikel minyak terdesak untuk terangkat ke permukaan air.

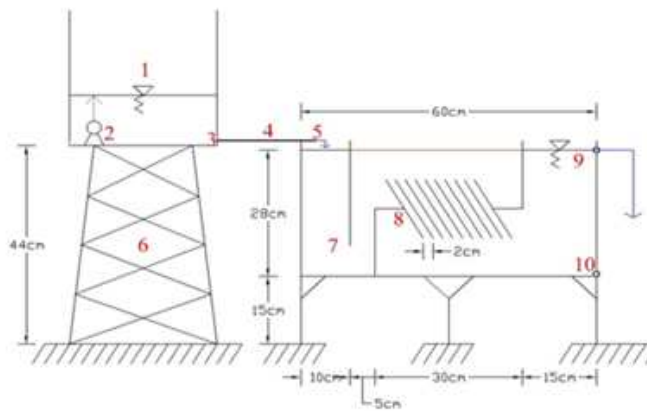
Penelitian ini mengkaji penggunaan *plate settler* berbentuk lempengan yang diaplikasikan pada *oil separator* dengan berbagai variasi sudut kemiringan *plate settler*. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menentukan efisiensi pemisahan minyak pelumas pada *oil separator* dengan menggunakan *plate settler* berdasarkan konsentrasi minyak pelumas dalam air dan variasi sudut kemiringan *plate*.

II. METODE

Metode penelitian merupakan langkah-langkah teknis yang dilakukan selama penelitian.

A. Persiapan Alat Penelitian

Pada penelitian ini digunakan 1 buah reaktor *oil separator* yang terbuat dari baja ringan dirancang pada skala laboratorium. Reaktor *oil separator* mempunyai luas alas 60 x 30 cm dengan tinggi 30 cm. Tiga buah *plate settler* dengan



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan :

1. Bak penampung
2. Pompa *submersible*
3. Inlet selang
4. Selang diameter dalam 3,7 mm
5. Outlet selang
6. Kaki penyangga
7. *Separator*
8. *Plate settler*
9. Outlet *separator*
10. Drain *separator*

sudut kemiringan 30°, 45° dan 60° digunakan dengan jumlah *plate* berturut-turut 6 lembar, 7 lembar, dan 10 lembar. Ketiga unit *plate settler* tersebut memiliki dimensi yang identik, dengan panjang 15 cm, lebar 20 cm, dan jarak antar *plate* 2 cm dari kriteria desain 2-4 cm [5]. Dimensi reaktor didapatkan dari perhitungan dengan mempertimbangkan debit aliran yang ditentukan (25 L/jam) dan waktu detensi *oil separator* (2 jam). Aliran yang berlangsung harus laminar agar mendukung pemisahan partikel minyak sesuai dengan Hukum Stokes [6]. Berdasarkan perhitungan bilangan Reynolds, didapatkan angka Reynolds yang termasuk laminar sehingga pemisahan partikel minyak dapat berlangsung [7]. Penentuan jumlah *plate* pada *plate settler* didapatkan dari perhitungan dengan mempertimbangkan luas permukaan *plate* total dan luas efektif tiap *plate*. Rangkaian alat penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

B. Persiapan Air Limbah Buatan

Air limbah buatan yang digunakan dalam penelitian ini mengandung minyak pelumas bekas dan shampoo mobil. Konsentrasi shampoo mobil yang digunakan konstan sebesar 98,6 mg/L. Konsentrasi tersebut didapatkan dari pengujian air sampel hasil pencucian mobil dengan metode LAS. Setiap konsentrasi minyak pelumas bekas dicampurkan dengan shampoo mobil dengan konsentrasi tetap dan tidak menggunakan rasio tertentu.

C. Tahap Penelitian

Prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

Bak penampung diisi dengan air limbah buatan mengandung air, minyak pelumas, serta shampoo mobil dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Pompa *submersible* yang terletak di dalam bak penampung dinyalakan agar air, minyak pelumas, dan shampoo mobil tetap tercampur. Permukaan air pada bak

penampung dijaga tetap konstan dengan ketinggian air sesuai

Tabel 1.

Pengaturan Variabel Penelitian

Konsentrasi Limbah Minyak	Sudut Kemiringan <i>Plate</i>		
	30°	45°	60°
90 mg/L (A)	A - 1	A - 2	A - 3
120 mg/L (B)	B - 1	B - 2	B - 3
150 mg/L (C)	C - 1	C - 2	C - 3

dengan debit yang diinginkan. Ketinggian air dimana debit aliran ± 25 L/jam yakni sebesar 9 cm - 10 cm. Pengamatan dilakukan dengan memvariasikan variabel penelitian yakni konsentrasi limbah minyak pelumas dengan sudut kemiringan *plate settler*. Pengaturan variabel penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Pengambilan sampel pada outlet *separator* dilakukan setelah terdapat effluent yang keluar dari outlet *separator*. Setiap *cycle* (pengamatan pada tiap sudut kemiringan *plate* dengan tiap konsentrasi limbah minyak pelumas) dilakukan dua kali pengambilan sampel.

Konsentrasi akhir minyak pelumas dalam air pada *effluent separator* diukur dengan metode ekstraksi soxhlet yang mengacu pada *Standard Method 5520 D* [8]. Total terdapat 18 bacaan konsentrasi minyak pelumas dalam air (mg/L) untuk 18 sampel (9 *cycle*). Konsentrasi minyak pelumas dalam air untuk satu *cycle* kemudian dirata-rata dan didapatkan sembilan nilai konsentrasi minyak pelumas dalam air yang digunakan untuk menghitung efisiensi pemisahan pada masing-masing *cycle*. Data efisiensi tersebut disajikan dalam bentuk tabel, dibandingkan dan dibuat grafik agar dapat menentukan efisiensi optimum *separator* dengan *plate settler*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengecekan Debit Aliran

Beda ketinggian air 9 cm - 10 cm berdasarkan hasil perhitungan menghasilkan debit ± 25 L/jam. Debit dengan ketinggian air tersebut selanjutnya dilakukan pengecekan dengan menggunakan *beaker glass* 500 mL dan *stopwatch*. Bak penampung diisi dengan air limbah buatan hingga batas ketinggian 10 cm dari selang pada dasar bak. Sumbat selang dibuka, *stopwatch* dinyalakan dan *beaker glass* 500 mL diarahkan pada outlet selang sehingga dapat menampung air limbah buatan. Ketiganya dilakukan secara bersamaan. Waktu hasil pengisian air limbah buatan pada *beaker glass* 500 mL yang mencapai volume tertentu dicatat kemudian debit aliran dihitung berdasarkan hasil pencatatan volume air dan waktu di lapangan. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan debit dan pengecekan debit di lapangan.

Hasil pengecekan debit pada ketinggian air tersisa 9 cm - 10 cm mendekati debit aliran yang ditentukan yakni 25 L/jam. Adanya selisih angka antara debit yang ditentukan dan debit pada pengecekan di lapangan dapat disebabkan oleh kesalahan pembacaan tinggi air (cm) pada bak penampung dan kemungkinan adanya jangka waktu antara selesai menampung sampel air limbah buatan dalam *beaker glass* 500 mL dengan

menghentikan *stopwatch*. Bilangan Reynolds dari hasil perhitungan juga masih tergolong laminar.

Tabel 2.
Hasil Perhitungan Debit dan Pengecekan Debit di Lapangan

Ketinggian Air Tersisa (cm)	Debit (L/jam)		Bilangan Reynolds
	Hitungan	Pengecekan	
10	25	25,71	12,4
9,5	24,23	-	12,02
9	23,58	24	11,7
8,5	22,9	-	11,36
8	22,21	-	11,02

Tabel 3.
Data Konsentrasi Minyak Pelumas dalam Effluent

Influent (mg/L minyak pelumas)	Effluent (mg/L minyak pelumas)		
	30°	45°	60°
90	28,2	22,4	21,8
	23,4	21,6	17,2
120	34,2	31,6	25,4
	29,2	28,2	19,8
150	36,8	32,2	26,6
	34,2	28,4	18,6

Tabel 4.
Konsentrasi Minyak Pelumas dalam Influent dan Konsentrasi Minyak Pelumas Rata-Rata dalam Effluent

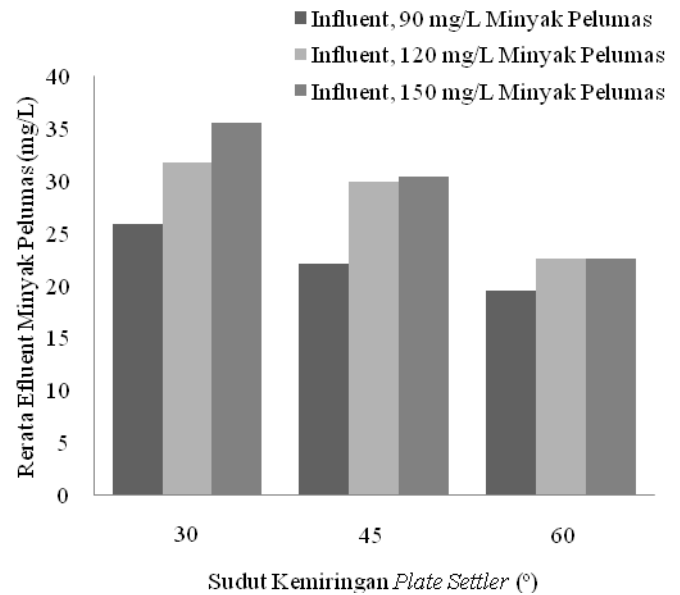
Influent (mg/L minyak pelumas)	Effluent (mg/L minyak pelumas)		
	30°	45°	60°
90	25,8	22	19,5
120	31,7	29,9	22,6
150	35,5	30,3	22,6

B. Pengaruh Konsentrasi Minyak Pelumas

Sembilan kali *running separator* dilaksanakan sehingga total terdapat delapan belas data konsentrasi minyak pelumas dalam effluent (mg/L). Data konsentrasi minyak pelumas dalam effluent disajikan pada Tabel 3.

Data konsentrasi minyak pelumas dalam effluent pada Tabel 2 dirata-rata untuk setiap *running*. Terdapat sembilan data konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent sebagai hasil penelitian. Tabel 4 menunjukkan konsentrasi minyak pelumas dalam influent dan konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi minyak pelumas dalam influent, semakin besar konsentrasi minyak dalam effluent. Pada sudut kemiringan *plate settler* 60° didapatkan konsentrasi minyak pelumas dalam effluent yang sama yakni 22,6 mg/L untuk konsentrasi minyak pelumas dalam influent 120 mg/L dan 150 mg/L.



Gambar 2. Pengaruh Sudut Kemiringan *Plate Settler* terhadap Konsentrasi Minyak Pelumas dalam Effluent

Namun secara keseluruhan, konsentrasi minyak pelumas pada outlet *oil separator* cenderung bertambah untuk konsentrasi minyak pelumas pada inlet *oil separator* yang juga bertambah. Data konsentrasi minyak pelumas dalam effluent selanjutnya dianalisis untuk mengetahui efisiensi *oil separator* dengan *plate settler* yang dirancang.

C. Pengaruh Sudut Kemiringan Plate Settler

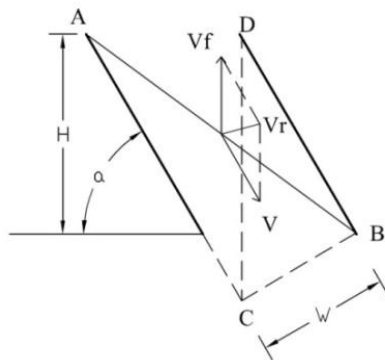
Sudut kemiringan *plate settler* digunakan sebagai variabel penelitian karena dapat mempengaruhi luas *plate settler* efektif, yaitu luasan untuk proses pemisahan partikel minyak pelumas dengan air. Perubahan sudut kemiringan *plate settler* mengakibatkan luas *plate settler* efektif untuk proses pemisahan dan jumlah *plate settler* yang digunakan berubah sehingga konsentrasi minyak pelumas dalam effluent akan berubah pula. Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh sudut kemiringan *plate settler* terhadap konsentrasi minyak pelumas dalam effluent.

Berdasarkan Gambar 2, Pada konsentrasi minyak pelumas dalam influent 90 mg/L diketahui sudut kemiringan *plate settler* 60° memberikan konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent terkecil yakni 19,5 mg/L. Demikian pula pada konsentrasi minyak pelumas dalam influent 90 mg/L dan 150 mg/L, sudut *plate settler* 60° menghasilkan konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent terkecil dibandingkan kedua sudut lainnya.

Kedua konsentrasi minyak pelumas dalam influent tersebut sama-sama menghasilkan konsentrasi minyak pelumas effluent sebesar 22,6 mg/L pada sudut kemiringan *plate settler* 60°. Perolehan konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent terkecil pada sudut 60° bermakna bahwa sudut 60° merupakan sudut yang paling optimum untuk proses pemisahan minyak pelumas dengan air.

Sudut 60° memiliki luas *plate settler* efektif terkecil yang menghasilkan jumlah *plate settler* terbanyak dibandingkan

sudut 30° dan sudut 45°. Kondisi ini dikaitkan dengan hasil penelitian dapat bermakna bahwa jumlah *plate settler*



Gambar 3. Prinsip Kemiringan *Plate Settler*

Tabel 5.

Efisiensi *Oil Separator* dengan *Plate Settler* pada Berbagai Sudut Kemiringan *Plate Settler* dan Konsentrasi Minyak Pelumas dalam Influent

Influent (mg/L minyak pelumas)	30°		45°		60°	
	Ct ^a (mg/L)	η ^b (%)	Ct (mg/L)	η (%)	Ct (mg/L)	η (%)
90	25,8	71,33	22	75,56	19,5	78,33
120	31,7	73,58	29,9	75,08	22,6	81,17
150	35,5	76,33	30,3	79,8	22,6	84,93

^aCt - Konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent (mg/L)

^bη - Efisiensi *oil separator* dengan *plate settler* (%)

mempengaruhi konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent. Semakin banyak jumlah *plate settler*, semakin banyak partikel minyak pelumas yang dipisahkan sehingga semakin sedikit konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent yang dihasilkan.

Sudut kemiringan *plate settler* juga memiliki pengaruh terhadap mekanisme pemisahan partikel minyak dengan air pada *plate settler*. Gambar 3 menunjukkan prinsip kemiringan *plate settler* yang menunjang mekanisme pemisahan partikel minyak dengan air.

Berdasarkan Gambar 3, pada waktu detensi t, partikel bergerak dari A ke C dengan kecepatan V dan bergerak dari C ke D pada kecepatan Vf [9].

$$AC = \frac{H}{\sin \alpha} + \frac{W}{\tan \alpha} = V \cdot t \quad (1)$$

$$CD = \frac{W}{\cos \alpha} = V_f \cdot t \quad (2)$$

Persamaan 1 dan 2 saling disubstitusikan sehingga diperoleh persamaan :

$$\frac{V_f}{V} = \frac{W \sin \alpha}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha} \quad (3)$$

Jika A merupakan luas permukaan zona pemisahan dan Q merupakan debit air limbah, maka :

$$V = \frac{Q}{A \sin \alpha} \quad (4)$$

Selanjutnya persamaan 4 disubstitusikan ke persamaan 3 dan didapatkan :

$$V_f = \frac{Q}{A} \times \frac{W}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha} \quad (5)$$

Berdasarkan vektor yang dibentuk Vf dan v, didapatkan persamaan untuk resultan (Vr) :

$$V_r = \sqrt{V_f^2 + v^2 + 2 \cdot V_f \cdot v \cdot \cos \beta} \quad (6)$$

dimana :

Q = Debit aliran (cm³/s)

A = Luas area zona pemisahan (cm²)

W = Jarak antar *plate* (cm)

H = Panjang tegak *plate* (cm)

v = Kecepatan aliran air (cm/s)

Vf = Kecepatan vertikal partikel minyak (cm/s)

V = Kecepatan pemisahan partikel minyak menuju *plate settler* (cm/s)

α = Sudut kemiringan *plate settler* (°)

β = Sudut antara Vf dengan v (°)

Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan pemisahan partikel minyak menuju *plate settler* (Vr), didapatkan nilai Vr untuk sudut kemiringan *plate settler* 30° yakni 0,00898 cm/s. Nilai Vr untuk sudut kemiringan *plate settler* 45° yakni 0,00599 cm/s serta untuk sudut kemiringan *plate settler* 60° yakni 0,00438 cm/s.

Nilai Vr untuk sudut kemiringan *plate settler* 60° paling kecil dibandingkan dengan nilai-nilai Vr pada sudut lainnya. Nilai Vr yang kecil ini memungkinkan partikel minyak berukuran kecil dapat terpisah kemudian terangkat ke atas dengan kecepatan Vf.

Apabila partikel minyak berukuran kecil dapat terpisah, maka partikel minyak berukuran besar dapat lebih mudah dipisahkan. Berdasarkan hal ini, nilai Vr yang kecil pada sudut kemiringan *plate settler* 60° dapat dikatakan berpengaruh terhadap pemisahan partikel minyak dalam air karena partikel minyak pelumas yang dapat dipisahkan lebih banyak. Makin banyaknya partikel minyak pelumas yang terpisah menimbulkan, makin sedikitnya konsentrasi minyak pelumas dalam effluent yang dihasilkan.

D. Efisiensi *Oil Separator* dengan *Plate Settler*

Efisiensi dihitung dengan membandingkan antara konsentrasi minyak pelumas dalam influent (input) dengan konsentrasi minyak pelumas rata-rata dalam effluent (output) [10]:

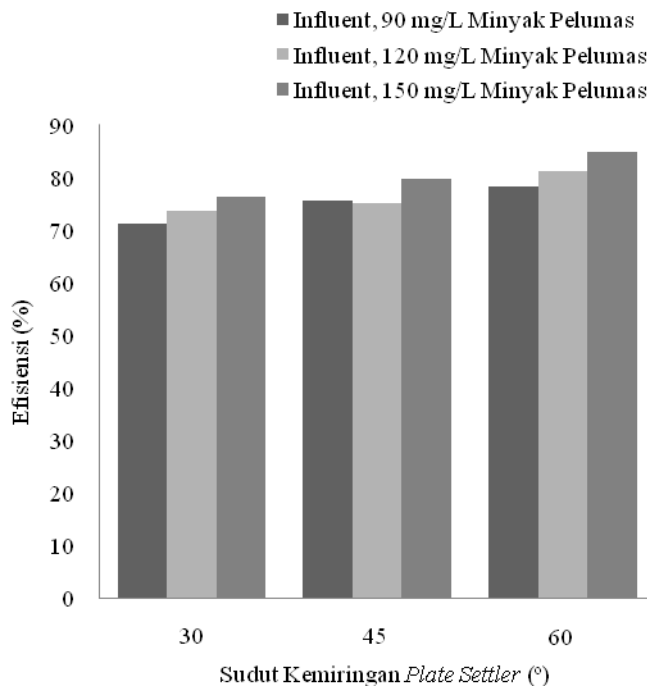
$$\eta = \frac{C_i - C_o}{C_i} \times 100 \% \quad (7)$$

Tabel 5 menunjukkan efisiensi *oil separator* dengan *plate settler* pada berbagai sudut kemiringan *plate settler* dan konsentrasi minyak pelumas dalam influent.

Secara lebih jelas, nilai efisiensi pada berbagai sudut kemiringan *plate settler* digambarkan pada grafik dalam Gambar 4.

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pada konsentrasi minyak pelumas dalam influent 90 mg/L, sudut kemiringan *plate settler* 60° memberikan efisiensi yang paling

tinggi dibandingkan dengan sudut 30° dan 45°, yakni sebesar 78,33%. Pada konsentrasi minyak pelumas dalam influent 120 mg/L, efisiensi tertinggi, yakni sebesar 81,17%, didapatkan pada sudut kemiringan *plate settler* 60°.



Gambar 4. Efisiensi *Oil Separator* dengan *Plate Settler* pada Berbagai Sudut Kemiringan *Plate Settler*

Efisiensi paling tinggi dari keseluruhan hasil penelitian, yakni sebesar 84,93%, juga didapatkan pada sudut kemiringan *plate settler* 60° dengan konsentrasi minyak pelumas dalam influent sebesar 150 mg/L. Perolehan efisiensi tertinggi pada sudut 60° bermakna bahwa sudut 60° adalah sudut yang paling optimum untuk proses pemisahan minyak pelumas dengan air.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa efisiensi pemisahan minyak pelumas pada *oil separator* dengan *plate settler* paling optimum, yakni 84,93%, didapatkan pada sudut kemiringan *plate settler* 60° dan konsentrasi minyak pelumas dalam influent 150 mg/L. Pada konsentrasi minyak pelumas dalam influent 90 mg/L, sudut kemiringan *plate settler* 60° juga memberikan efisiensi yang paling tinggi dibandingkan dengan sudut lainnya, yakni sebesar 78,33%. Pada konsentrasi minyak pelumas dalam influent 120 mg/L, efisiensi tertinggi sebesar 81,17% juga didapatkan pada sudut kemiringan *plate settler* 60°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. R. Priyanti 2012. *Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil Dengan Reaktor Pemisah Minyak dan Karbon Aktif*. Skripsi S1, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- [2] B. Yudono, M. Said, Sabaruddin., A. Napoleon, dan M.B.Utami. 2010. *Kinetics of Petroleum-Contaminated Soil Biodegraded by An*

Indigenous Bacteria Bacillus Megaterium. HAYATI Journal of Biosciences 17, 4 : 155-160.

- [3] I. G. S. Prayitna. 1991. *Kemiringan Optimum Plate Settler Pada Bak Sedimentasi Dalam Menurunkan Total Suspended Solid*. Skripsi S1, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya
- [4] A. W. Saputri. 2011. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Babakan PDAM Tirta Kerta Raharja Kota Tangerang*. Skripsi S1, Jurusan Teknik Lingkungan UI, Jakarta.
- [5] C. Visvanathan. 2004. *Sedimentation Physico-Chemical Processes*. Bauhaus-Universitat Weimar, University of Leeds, Bangkok-Thailand : 4.8 – 4.10.
- [6] K. S. Mohr. 2010. *How Oil-Water Separators Work and How to Use Them*. Lewisville : Mohr Separations Research, Inc.
- [7] N.F.Arifiani, dan M. Hadiwidodo. 2007. *Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. Jurnal Presipitasi 3, 2 : 78-85.
- [8] APHA, AWWA, dan WPCF. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition*. USA : American Public Health Association Publ.
- [9] L. Huisman. 1977. *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Herdruk : Delft University of Technology.
- [10] Djaswadi. 2003. *Rancang Bangun dan Kinerja CPI untuk Pemisah Limbah Cair Minyak*. Tesis S2, Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.